吉崎　誠*：紅藻ウミゾウメン目の研究（1）ツクモノリの体構造と生殖器官

Makoto YOSHIZAKI*: Morphology and taxonomy of the Japanese representatives of Nemaliales (1). Thallus structure and reproductive organs of *Nemalion multifidum*

真正紅藻類ウミゾウメン目 Nemaliales は果胞子体形成過程において助細胞をもたないことおよび生活環上に四分胞子体を欠くことが目の階級の分類形質とされている (Kylin, 1923, 1956)。しかし，受精後に助細胞と見做せる構造をもつ仲間もあること，培養により四分胞子体の存在が幾つかの仲間で証明されたことなどから，ウミゾウメン目は分類学的にはよくまとまった群でないらしいことが指摘され，これらの理由からこの目をさらに幾つかの目に分けるべきであるとする見解も出されている (J. & G. Feldmann, 1942; Fan, 1961; J. Feldmann, 1962; Desikachary, 1963; Chihara & Yoshizaki, 1972)。真正紅藻類の上位の分類階級の基準形質には受精後の果胞子体形成の様式が第一義的に重視されているが，ウミゾウメン目のメンバーについてのこの方面の研究はいまだ必ずしも充分ではない。幸いわが国およびその近海にはこの目の藻類の生育が豊富である。筆者はウミゾウメン目の分類についてより多くの基礎的知見を得るために，数年前より日本産の主なメンバーの体構造と生殖器官の構造の研究に従事してきた。今回は第一報としてツクモノリ *Nemalion multifidum* (Weber et Mohr) J. Agardh についての観察結果を報告したい。

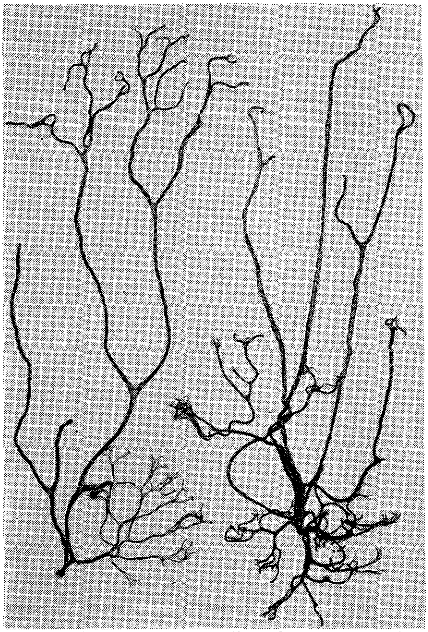
材料と方法　ツクモノリはウミゾウメン属の一員で，外海からの波を直接受けることの少いしかも多少砂泥の多い場所の岩盤上によく生育する。日本における分布地として岡村 (1936) は徳島県，和歌山県および神奈川県沿岸を挙げたが，さらに瀬川 (1956) はこれに九州北岸の津屋崎を加えている。今回の観察に用いた材料は1969年3月7日および1975年5月28日に福岡県津屋崎海岸で採集し，いずれも10% フォルマリン海水で固定保存したものである。切片は氷結切片作成法またはおしつぶし法により，染色剤として1% Cotton Blue 液，解離剤として10% HCl を使用し，封緘剤には市販の Karo を30% に薄めた液を用いた。

観　　察

体の外部形態と内部構造：根状部は径 1～3 mm の小盤状で 1～数本の直立部を発出

---

* 東邦大学理学部生物学教室　Department of Biology, Toho University, Funabashi, Chiba, 274, Japan.



Nemalion multifidum collected at Tsuyazaki on 7 March 1969. ×1/2.

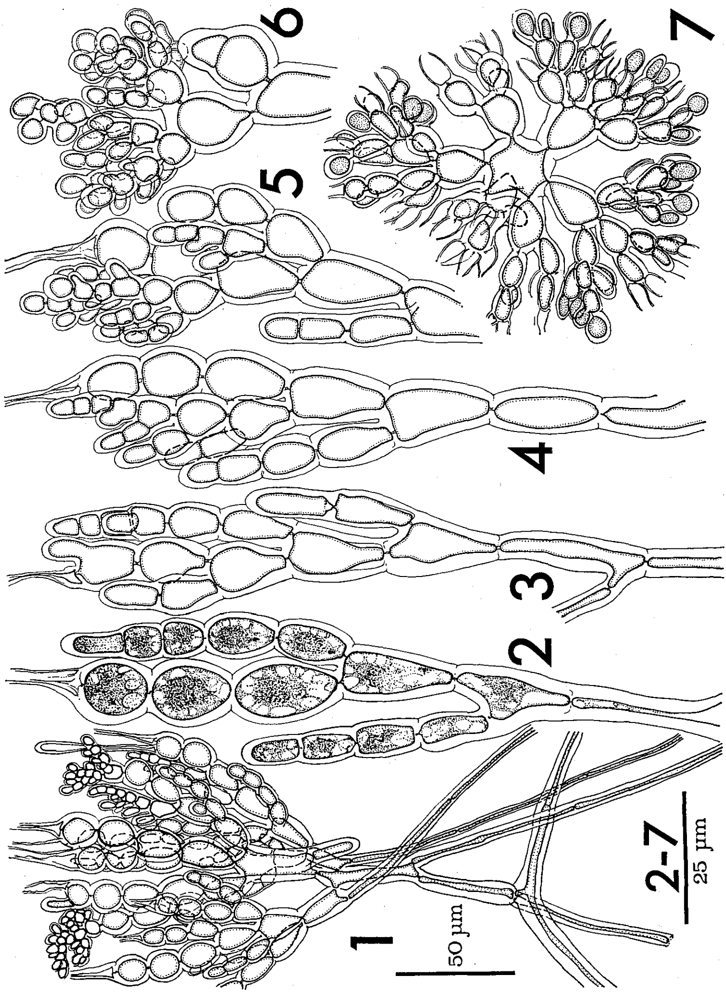
する。直立部は円柱状，径 1〜3 mm で数回不規則に叉状に近く分岐し，高さ 5〜10 cm（時に 25 cm）に達し，全体として先端に向って漸次細くなる。体色は灰色がかった暗褐色で，老成するにつれて黄褐色がかる。

体は髄部と皮層部からなる多軸型構造で，髄部はかなりきつく絡み合った径 7〜20 μm の糸状細胞列から構成され，体の直径の $^{1}/_{2}$〜$^{1}/_{3}$ を占める。皮層部は髄部より表面に向って伸びる単列または分枝をもつ同化糸（Fig. 1, 2）により構成される。同化糸の基部細胞または基部に近い細胞は円柱状で径 5〜15 μm であるが，先端細胞および先端に近い細胞は短径 7〜18 μm の楕円状または球状となる。これらの細胞には星状の色素体が 1 個ある。体の若い部分では同化糸の先端の細胞は径 4〜6 μm の単細胞性毛状突起を1〜2本出すことがある。また同化糸の基部またはそれに近い細胞はしばしば仮根状細胞列を伸長させることがある。この細胞列は伸長して後に二次的に同化糸または髄糸となる（Fig. 1, 10, 11）。

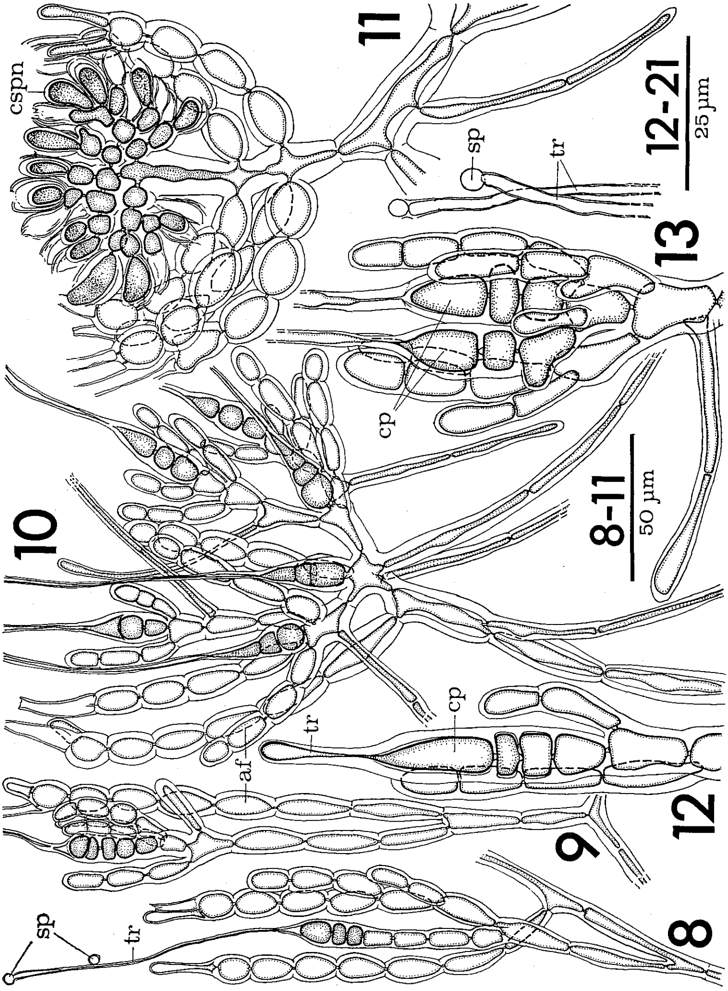
生殖器官の構造：藻体は雌雄同株で，生殖器官は皮層部に形成される。しかし雌雄の生殖器官が同一同化糸に形成されることはない。

雄性生殖器官：精子器は同化糸の頂部に総房状の精子器托として形成される（Fig. 1）。精子器托の形成に際しては，まず同化糸の末端より 1〜4 番目の細胞の頂部から同化糸よりやや細目の細胞糸が伸長する（Fig. 3）。この細胞糸は側枝を偏生する傾向がある（Fig. 4）。やがて細胞糸の構成細胞はそれぞれ 1〜4個の精子囊を生じるので，精子器托は全体としてピラミッド状を呈する（Fig. 6）。精子囊は大きさ 5×4 μm の楕円形または径約 5 μm の球形で内部に 1 個の精子をもつ。精子は径 3〜4 μm の球形で，精子囊の先端が破れることにより放出される。空の精子囊をもつ柄細胞は再び精子囊を形成することがある。

雌性生殖器官：造果枝の始源細胞は同化糸の末端より 3〜8 番目の細胞のいずれかの肩に相当する部分から切り出されるが，この細胞は分裂してあたかも同化糸の枝のように伸長し，多くの場合 3 個細胞からなる造果枝を形成するにいたる。例外的には同

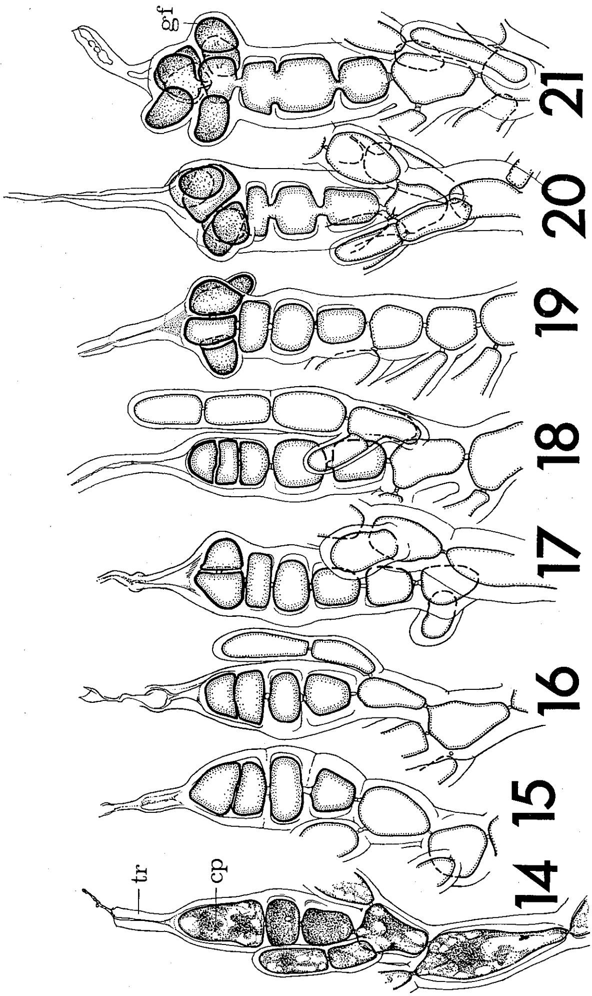


化糸の基部細胞より生じた仮根状の細胞糸が体表面の方向に伸長し，その頂部に造果枝を生じることもある。生体では，同化糸の細胞は黄褐色であるが，造果枝のそれは濃い黄金色を呈するので顕微鏡下の識別は容易である。なお造果枝の細胞内容はCotton Blue溶液でとくに濃く染色される性質がある。この性質を利用すれば褪色した材料でも造果枝と同化糸の区別は容易である。完成した造果枝は通常3個まれに2



Figs 1-13. *Nemalion multifidum*. 1. Assimilatory filament with spermatangial clusters. 2-6. Succesive stages in the development of spermatangial clusters. 7. Well matured spermatagial cluster in squashed view. 8-10. Assimilatory filament with carpogonial branch: carpogonial branch is not found on the assimilatory filament with spermatangial cluster. 11. Longitudinal section of a mature cystocarp. 12. Young carpogonial branch, raising a trichogyne. 13. Mature carpogonial branches with spermatia attached on the tips of trichogynes. Abbreviations used in figures; af-assimilatory filament, cp-carpogonium, cspn-carposporangium, gf-gonimoblast filament, sp-spermatium, tr-trichogyne.

個または4個の細胞から構成される。いずれの場合も造果枝は同化糸と平行して体の表面に向って伸びる。造果枝の細胞の太さは 9〜12 μm である (Fig. 10, 13)。造果枝をもつ同化糸が側枝を生じない場合は一見造果枝が8〜10個の細胞からなるようである (Fig. 8)。しかし，このような同化糸も受精後には1〜2本の側枝を生ずるのが普通である (Fig. 9)。受精毛は直径約 5 μm, 長さ 50〜120 μm で，ほとんど屈曲すること



Figs. 14-21. *Nemalion multifidum*. 14. Post-fertilization stage, showing a trichogyne withered. 15-21. Successive stages of the development of gonimoblast filaments. Abbreviations used in figures; see figs. 1-13.

なく体外に伸出する。受精後受精毛と造果器の間に隔壁が形成され (Fig. 8, 13)，まもなく受精毛は基部を残し消失する (Fig. 14)。続いて精核を得た造果器は造果枝に直角あるいは斜めの方向の隔壁により2個の娘細胞に分割される (Fig. 15, 16)。これらの娘細胞の下方の1個は細胞分裂を繰り返すことなく残存し，その後発達する造胞糸群の柄細胞となる。これに対し上方の娘細胞は造胞糸始源細胞となる。すなわち容

積を増大させた後に造果枝に直角 (Fig. 17)，斜め，あるいは水平 (Fig. 18) 等の方向の分割面を生じ，周囲に多数の造胞糸細胞を切り出す。それぞれの造胞糸細胞は細胞分裂を繰り返しながら (Fig. 19～21) 2～5 回偽叉状に分枝するので，全体として球形の嚢果が形成されるにいたる (Fig. 11)。造胞糸の発達に伴い造果枝の各細胞は肥大しついには融合するので，造果枝は1個の大きな融合細胞となる (Fig. 20, 21, 11)。果胞子嚢は造胞糸の先端の細胞が変成することにより形成される。成熟した嚢果はほぼ球形で直径は 80～120 μm である。果胞子嚢は卵形または洋梨型で，短径 8～13 μm, 長径 15～20 μm である。果胞子は果胞子嚢が破れることにより放出されるが，空となった果胞子嚢は内部に再び果胞子嚢を再生することがある (Fig. 11)。

考察

今回行った邦産のツクモノリについての体構造と生殖器官および果胞子体形成過程の形態学的研究結果はさきに研究されたヨーロッパ産の *Nemalion multifidum* (Wolf, 1904; Kylin, 1916; Cleland, 1919), *N. elminthoides* (Kurssanow, 1909) および日本産のウミゾウメン *N. vermiculare* (森, 1948; 梅崎, 1961) について得られた結果と基本的に一致する。雌性生殖器官である造果枝が同化糸の枝の変成によってつくられること，すなわち造果枝は同化糸の枝と相同である性質は Doty & Abbott (1964) および Abbott (1976) が設立を提唱するウミゾウメン科の最も重視される分類形質である。この科の基本属ウミゾウメン属の種類は，調べられた限り，すべて上記の形質をもつことから，雌性生殖器官と果胞子体の構造は安定した形質であり，分類基準に採りあげて差支えないものと考えたい。基本的に上記と同一形態をもつ属にアケボノモヅク属 *Trichogloia* があり，ウミゾウメン科に所属するこの二属は体内の石灰沈着の有無により識別されている。ウミゾウメン属とアケボノモヅク属の関係，およびかってウミゾウメン属に所属させられたことのあるカモガシラノリおよびその近縁種カサマツとの関係などについては既に生殖器官の詳細について観察結果を得ているので，次報以降で論じて行きたい。

この研究の指導と原稿の校閲をいただいた筑波大学生物科学系千原光雄教授にお礼申上げる。また同大学の田中次郎氏には研究材料の一部を提供していただいた。記してお礼申上げる。研究の遂行に当っては昭和50年度文部省科学研究費補助金 (No. 074248) が使用された。

Summary

Detailed morphological studies were carried out on the vegetative thallus, reproductive organs, and cystocarp formation of *Nemalion multifidum* from Tsuyazaki, Kyushu, Japan. The following data were obtained. 1) Thallus

structure is of the so-called fountain type. 2) The plant is monoecious, however, both male and female reproductive organs are not found on the same assimilatory filament. 3) The male reproductive organs are found as a conspicuous spermatangial cluster on the assimilatory filaments. 4) The carpogonial branch is borne subterminally or terminally on a cell of an assimilatory filament. It is straight and usually consists of three cells. 5) After fertilization, the zygote divides obliquely or transversely to the carpogonial branch, resulting in two cells. Of these two cells, the distal one becomes a gonimoblast initial, while the other becomes the so-called stalk cell. 6) Gonimoblast filaments branch out compactly and produce carposporangia terminally. 7) As the gonimoblast filaments develop further, the cells of the carpogonial branch become broader at their pit connections and fuse with one another making a large fused area. The lower gonimoblast cells, however, are not involved in this formation. The results of this study correspond well with those of Kylin (1916) for *N. multifidum*. This report suggests that structure of reproductive organs is useful character for the recognition of the groups of Helminthocladiaceae.

引用文献

Abbott, I.A. 1976. *Dotyophycus pacificum* gen. et sp. nov., with a discussion of some families of Nemaliales (Rhodophyta). Phycologia **15**: 125-132. —— and Doty, M.S. 1960. Studies in the Helminthocladiaceae. II. *Trichogloeopsis*. Am. J. Bot **47**: 632-640. Chihara, M. and Yoshizaki, M. 1972. Bonnemaisoniaceae: Their gonimoblast development, life history and systematics. Contributions to the systematics of benthic marine algae of the North Pacific. Japanese Society of Phycology 243-251. Cleland, R.C. 1919. The cytology and life-history of *Nemalioa multifidum* Ag. Ann. Bot. **33**: 325-351. Desikachary, T.V. 1963. Status of the order Chaetangiales (Rhodophyta). J. Indian Bot. Soc. **42**: 16-26. Fan, K.C. 1961. Morphological studies of the Gelidiales. Univ. Calif. Publ. Bot. **32**: 315-368. Feldmann, J. 1962. The Rhodophyta order Acrochaetiales and its classification. The proceedings of the Ninth Pacific Science Congress 1957. 4, 219-221. Feldmann, J. et G. 1942. Recherches sur les Bonnemaisoniacées et leur alternance de générations. Annls Sci. Nat. Bot. Ser. 11, **3**: 75-175. Kurssanow, L. 1909. Beiträge zur Cytologie der Florideen. Flora **99**: 311-336. Kylin, H. 1916. Über die

Befruchtung und Reduktionsteilung bei *Nemalion multifidum*. Ber. Deut. Bot. Ges. **35**: 155-164. —— 1923. Studien über die Entwicklungsgeschichte der Florideen. K. Svenska Vetensk Akad. Handl. **63**: 139. —— 1956. Die Gattungen der Rhodophyceen. Gleerup, Lund. 673. 森通保 1948. ウミゾウメンの果胞子体の発生. 医学と生物学 **12**: 54-56. 岡村金太郎 1936. 日本海藻誌. 内田老鶴圃, 東京. 964. 瀬川宗吉 1956. 原色日本海藻図鑑. 保育社, 大阪. 175. 梅崎勇 1961. ウミゾウメンの生殖器官の発達について. 植研. **36**: 129-133. Wolfe, J. J. 1904. Cytological studies on *Nemalion*. Ann. Bot. **18**: 607-630.

○高等植物分布資料 Materials for the distribution of vascular plants in Japan.

93 ヤマナシウマノミツバ *Sanicula kaiensis* Makino et Hisauchi. 本種は山梨, 長野, 静岡, 群馬に分布するが, これについては奥山春季氏が植物採集ニュース69号91頁 (1973) に詳しく解説しておられる。長野県下では従来南佐久郡川上村梓山と北佐久郡軽井沢町に知られていた。筆者は1974年10月11日, 南佐久郡佐久町茂来山1650 m 附近で, また1975年10月10日, 小諸市浅間山の一の鳥居附近 1500 m で, いずれも10株ほど発見した。前者はミズナラ, ダケカンバなどの林下, 後者はミズナラ林中の登山道端であった。茂来山の標本は東大理学部植物学教室標本室に入れた。

(長野県佐久郡望月町布施小学校 池田登志男, Toshio IKEDA)

□H. van den Ende: **Sexual Interactions in Plants.** The Role of Specific Substances in Sexual Reproduction. 186 pp. Academic Press. London (1976). 価格 £6. 80。例えば第10章をみると, シダ類の前葉体の多くは雄性先熟であるが, この現象は成熟した前葉体から分泌される物質により誘導されることが1950年に証明されていること, 後にこの物質が antheridiogen と名づけられたこと, このホルモンは化学的に研究された結果, 分子式 $C_{19}H_{22}O_5$ をもつ物質であり, その化学構造はジベレリンとよく似ており, またその生理作用にも似たところがあること, この物質の造精器形成の誘導には光条件が密接に関与することなど, 諸学者の研究結果がほぼ年代を追って要領よく簡潔にレビューされている。全体は11章よりなるが, 総論的な第1章を除く各章に扱われる植物はそれぞれ, カワリミズカビ, ワタカビ, ケカビ, 酵母, クラミドモナス, ボルボクス, サヤミドロ, 褐藻3種, シダ類, 種子植物であり, いずれも有性生殖とかかわり合いをもつ特殊な物質の役割について最新の研究成果が解説されている。生理学者による本であるが, 記述は平易であり, 内容は理解し易い。

(千原光雄)